

Migration und Sicherung der Interoperabilität von ETCS als neue Zugbeeinflussung

Christoph Lackhove und Lars Ebrecht



Gliederung

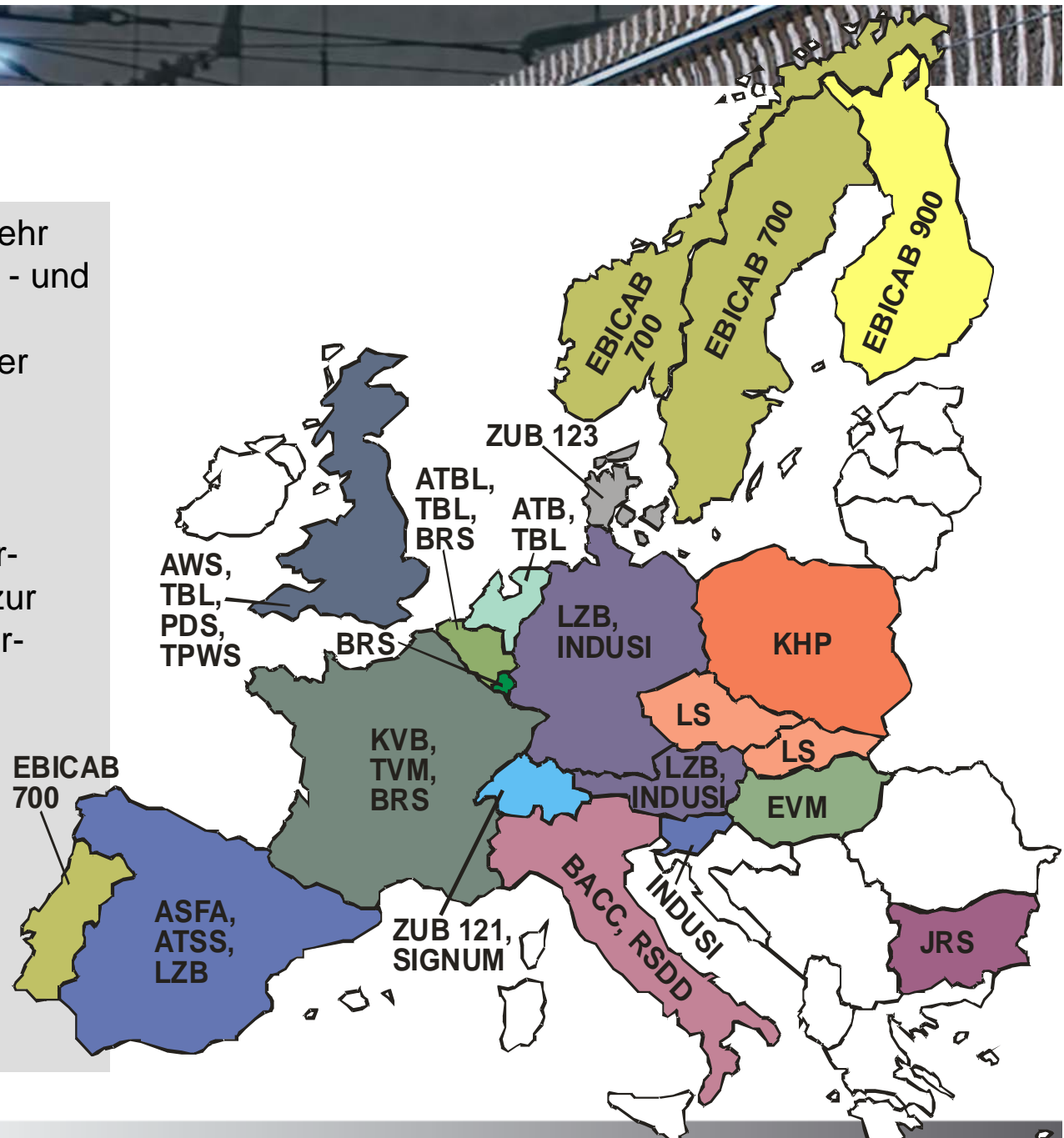
1. Grundlagen
2. Migration
3. Sicherung der Interoperabilität

Motivation

Zur Zeit befinden sich mehr als 20 verschiedene Leit- und Sicherungssysteme im Einsatz, die untereinander nicht kompatibel sind.

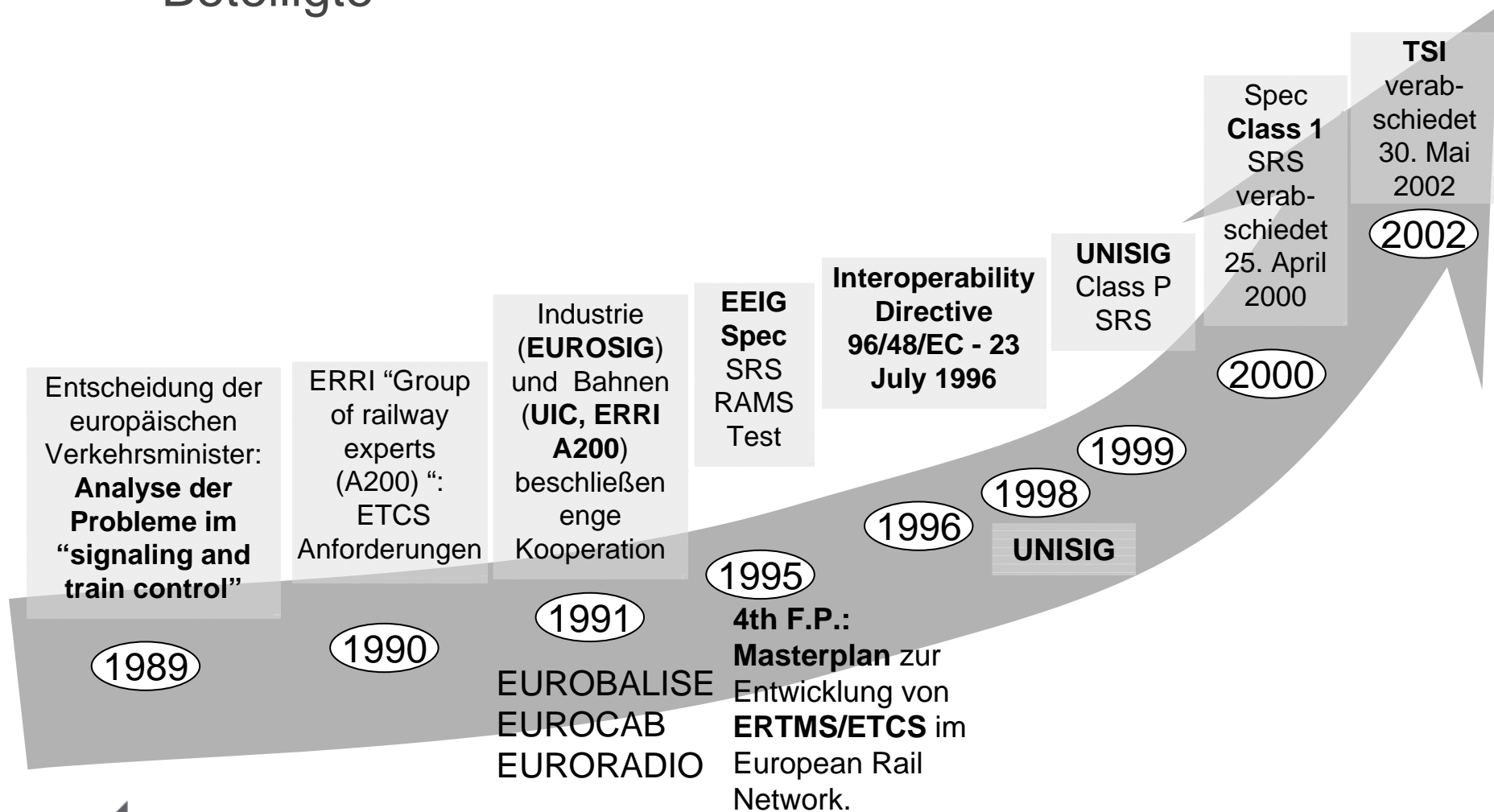
Daneben werden 5 unterschiedliche Stromarten zur Versorgung der Triebfahrzeuge genutzt.

Über 20 verschiedene Betriebsordnungen existieren und müssen befolgt werden.



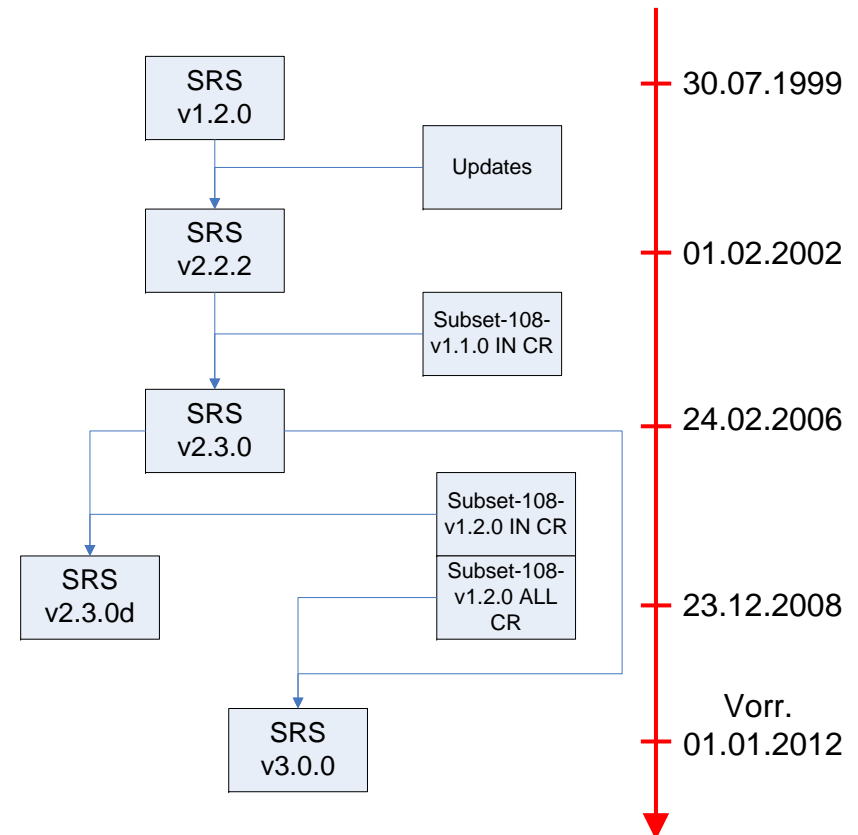
ETCS Historie

Beteiligte

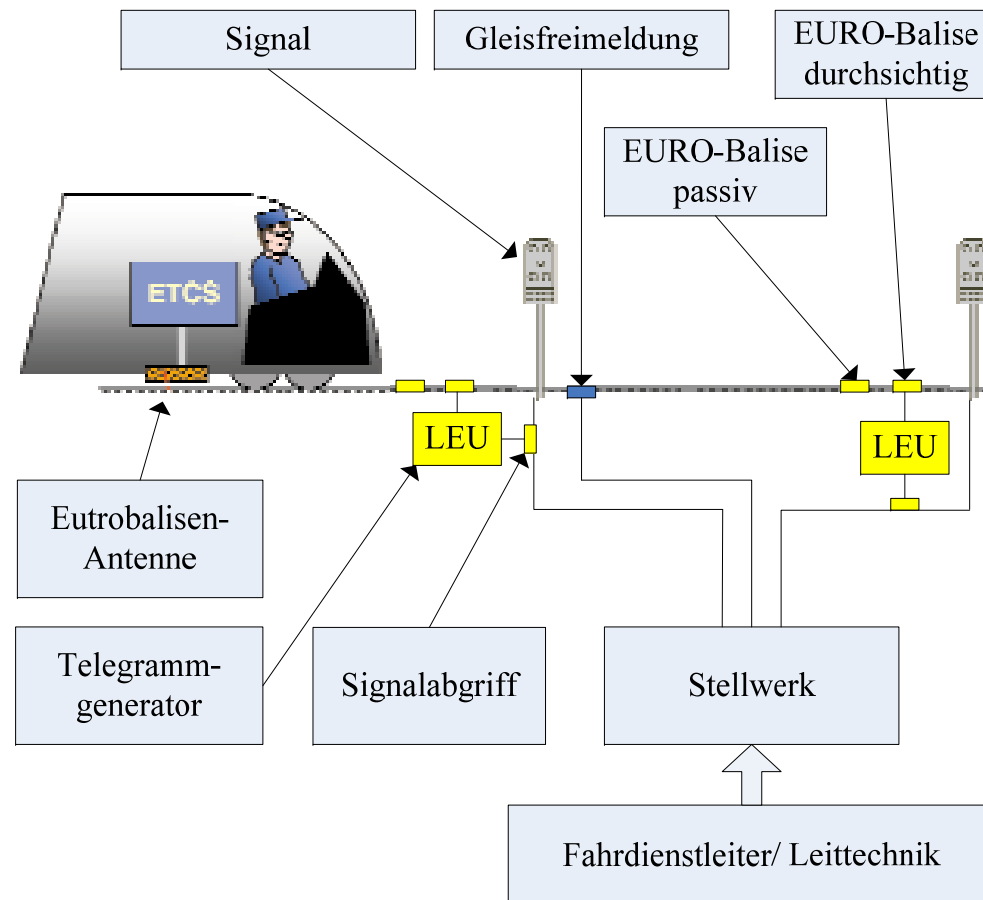


Historie der System Requirements Specification Subset-026

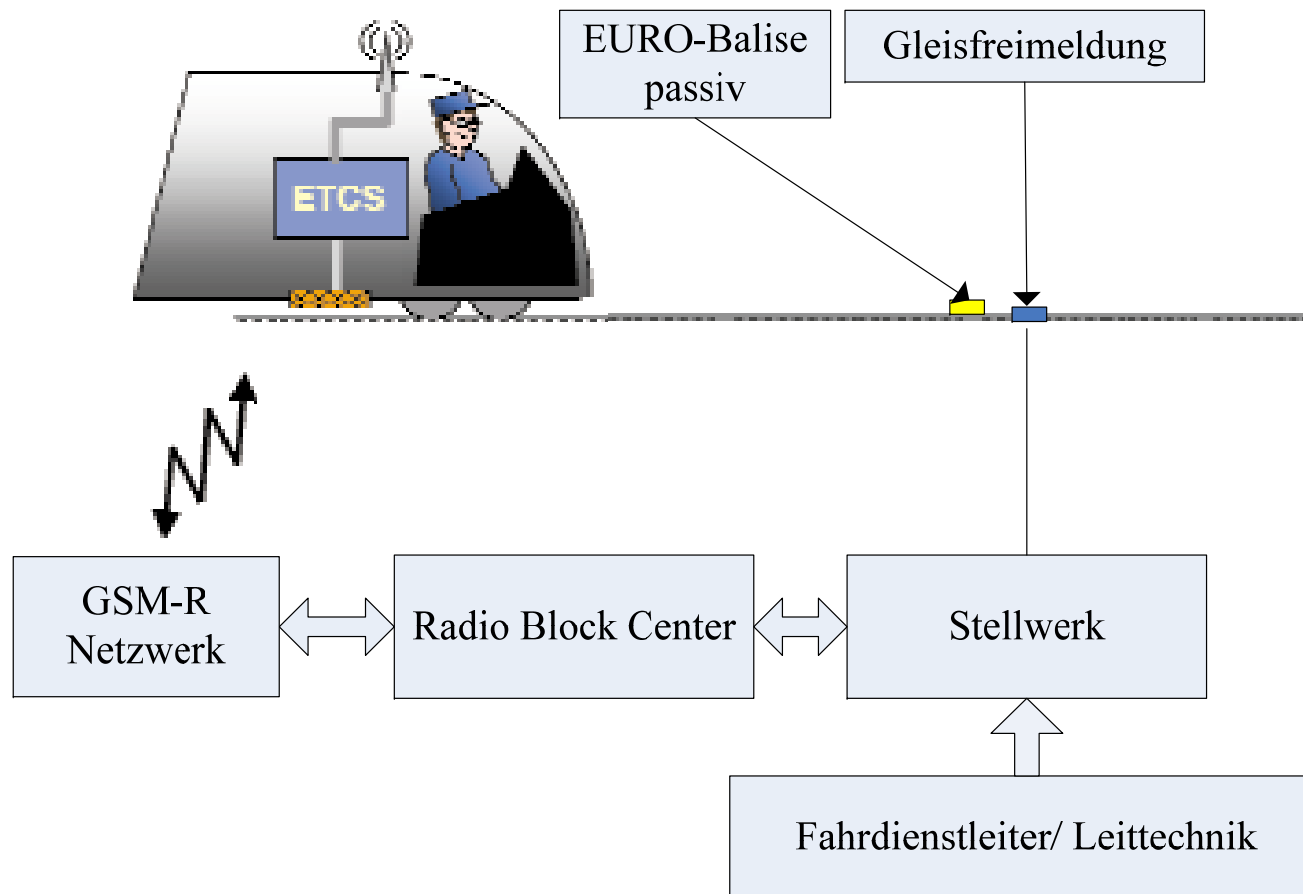
- erste Release Version v1.2.0
- Final Edition v2.2.2
- Release Version v2.3.0 offiziell erschienen
 - SRS v2.3.0d inoffiziell aus v2.3.0 entstanden
 - Mit weiteren CR entstand v2.3.2
- Release Version v3.0.0 (SRS Baseline 3, nur zur Information, noch keine Rechtsgültigkeit)



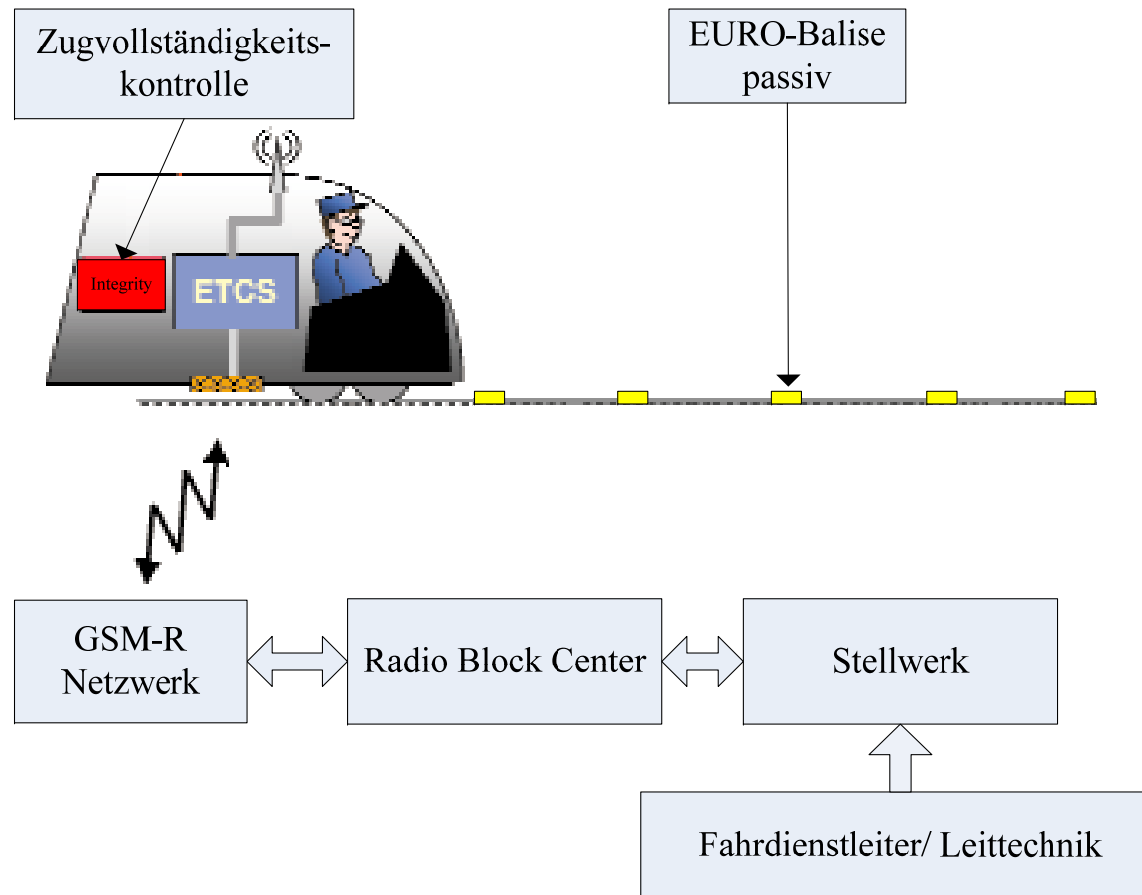
ETCS Level 1



ETCS Level 2

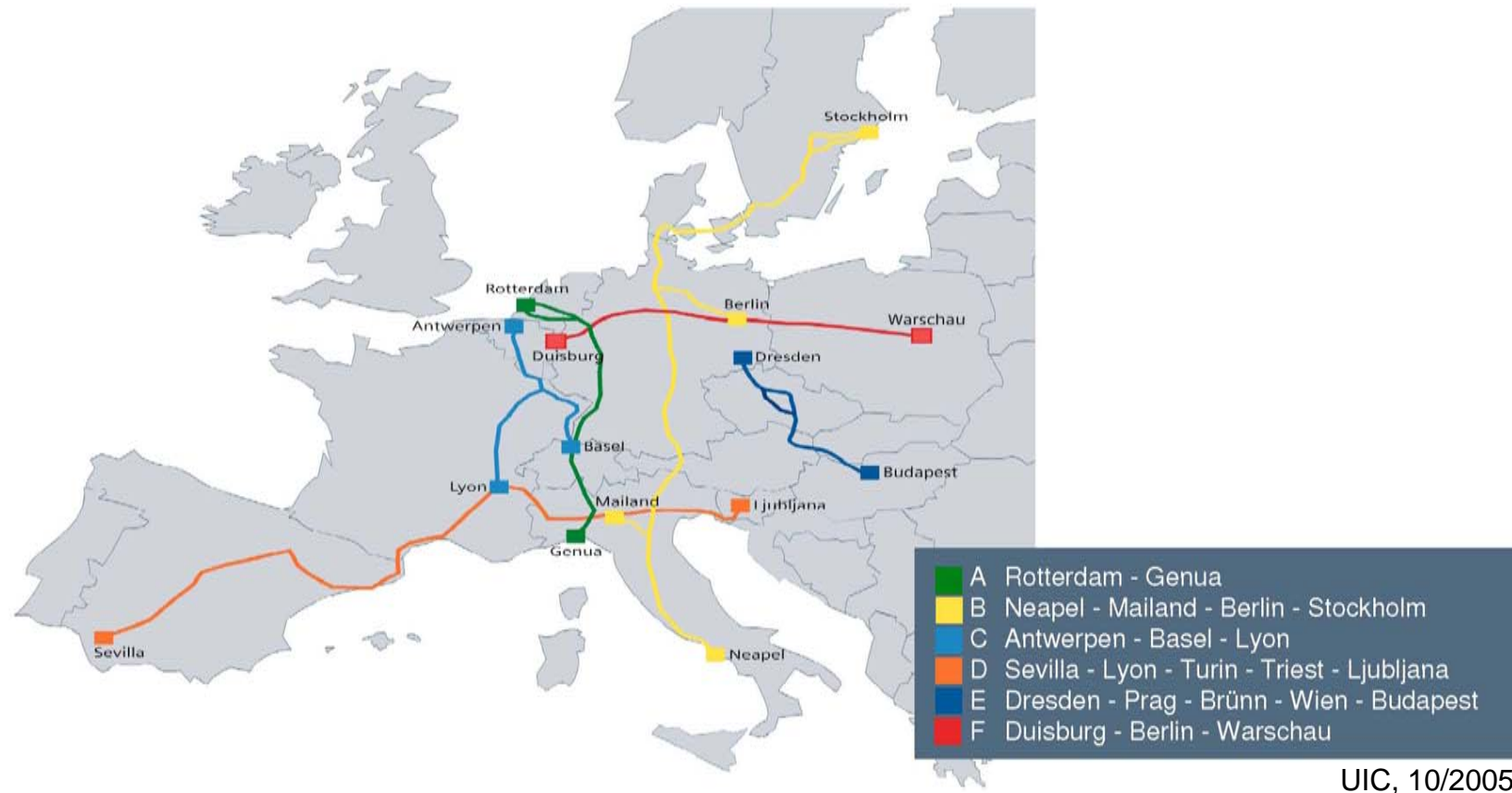


ETCS Level 3





ERTMS/ETCS-Korridore in Europa





Nationale ETCS Strategien

Zwei Beispiele

Schweiz

- Ablösung des Altsystems ZUB/SIGNUM wegen Abgängigkeit
- Für Netzzugang wird nur noch ETCS benötigt
- Netzweite Ausrüstung mit Level 1 Limited Supervision
- Level 2 derzeit nur auf der Strecke Mattstetten-Rothrist und der Lötschbergbasislinie
- Fahrzeugseitig wird durch ein Anpassmodul (Reverse STM) ETCS für die vorhandenen Fahrzeugrechner lesbar

Spanien

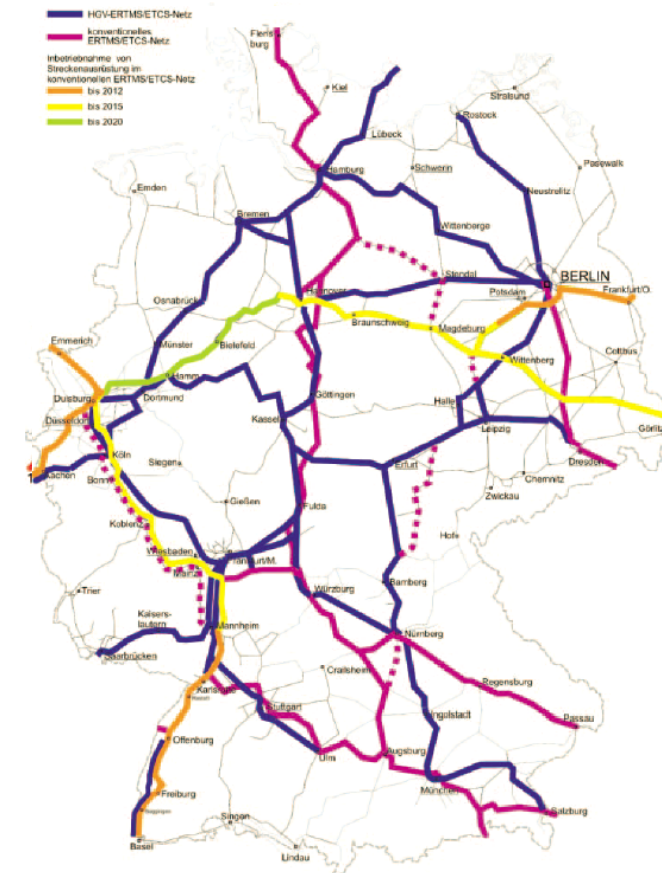
- Aufbau eines Hochleistungsnetzes mit ETCS
- Aufgrund anderer gesetzlicher Rahmenbedingungen als in Deutschland kann Level 1 bis zu 300km/h verwendet werden, nicht nur bis 160 km/h
- Bei Geschwindigkeiten bis 350km/h kommt Level 2 zum Einsatz
- Aktuell eine Strecke mit Level 1 in Betrieb: Sevilla – Cordoba - Madrid



ETCS Strategie in Deutschland

Aktueller Stand

- ETCS Migration auf TEN-T Korridoren
- Ausrüstung von Neu- und Ausbaustrecken
- Ablösung der LZB bis 2026 wegen Abgängigkeit
- Lückenschlüsse zwischen TEN-T Korridoren und zu ETCS migrierten LZB Strecken für ein zusammenhängendes ETCS Netz
- Berücksichtigung von Verkehrsprognosen und Bundesverkehrswegeplan

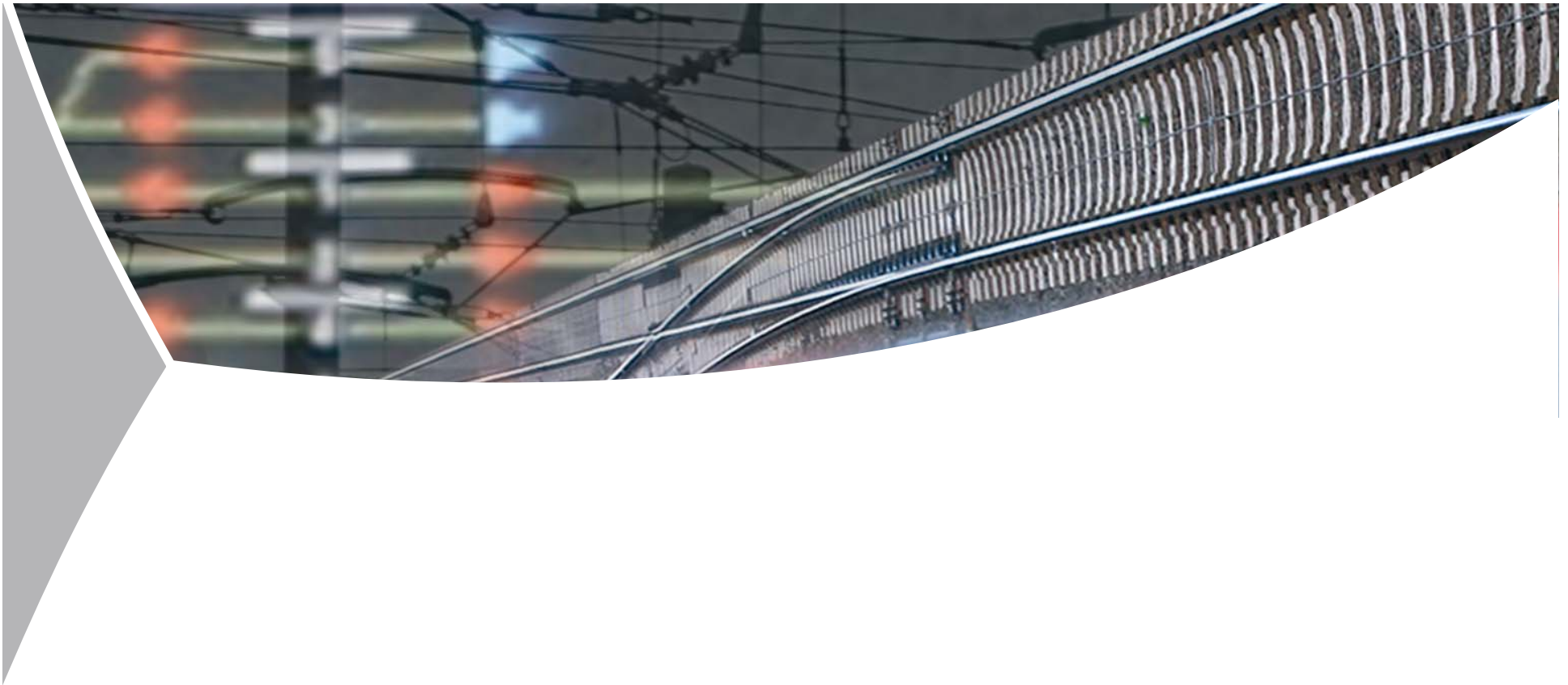


Quelle: Boehmer; Schweinsberger, ETR 10/2008



Gliederung

1. Grundlagen
- 2. Migration**
3. Sicherung der Interoperabilität



Migration von ETCS

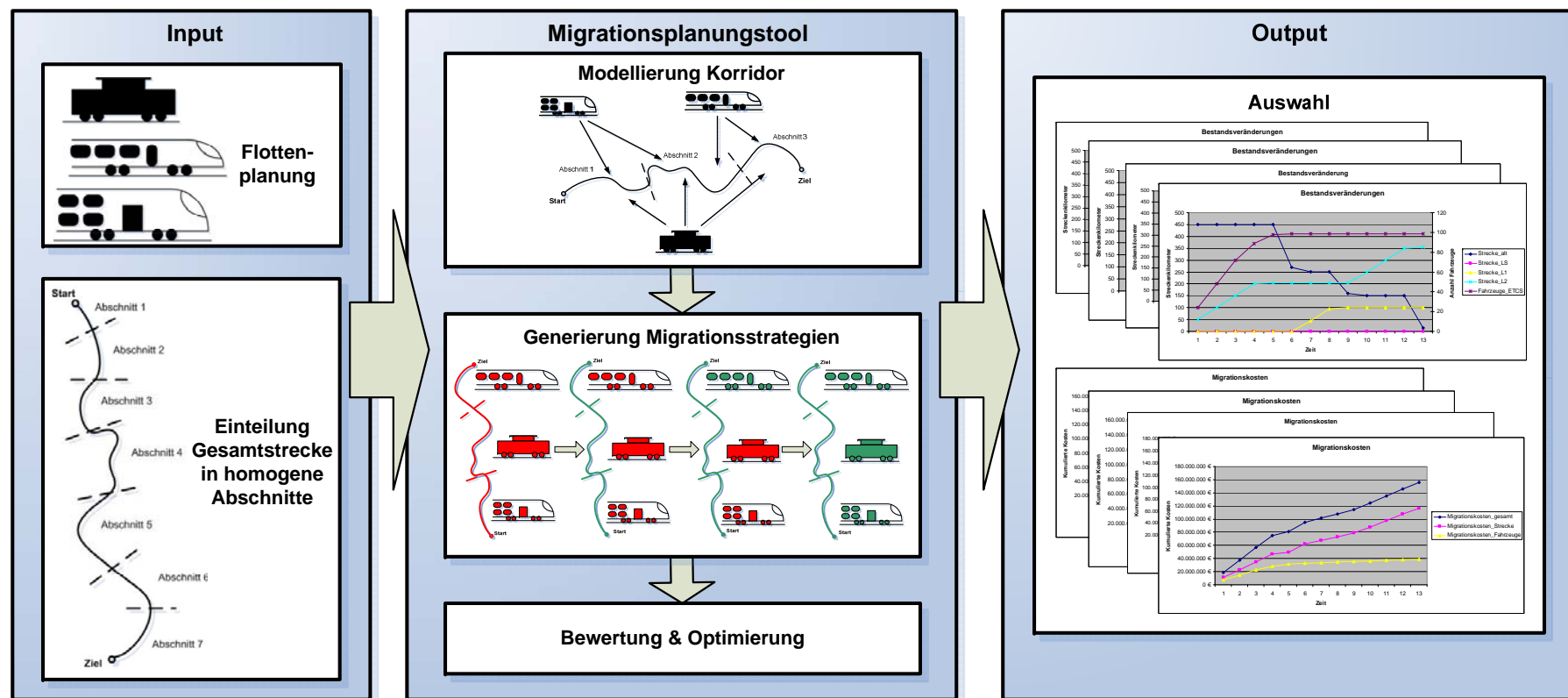
Christoph Lackhove



Einführung (Technologie-)Migration

- Erneuerung eines Systems, ohne dass der Betrieb unterbrochen wird
- System zeichnet sich aus durch
 - Verteilte Funktionsallokation
 - Netzwerkexternalitäten
- „Harte Migration“: Das Umschalten auf das neue System ist über Nacht möglich
- „Weiche Migration“: Das Umschalten auf das neue System ist nicht über Nacht möglich, der Betrieb muss stückweise umgestellt werden

Übersicht Ablauf





Modellierung von Korridoren

Einteilung Strecken und Fahrzeuge

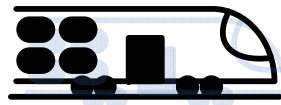
SGV:

- 120 Fahrzeuge
- Umrüstung: 40 Fzge. pa
- Nur nationale Zugbeeinflussung



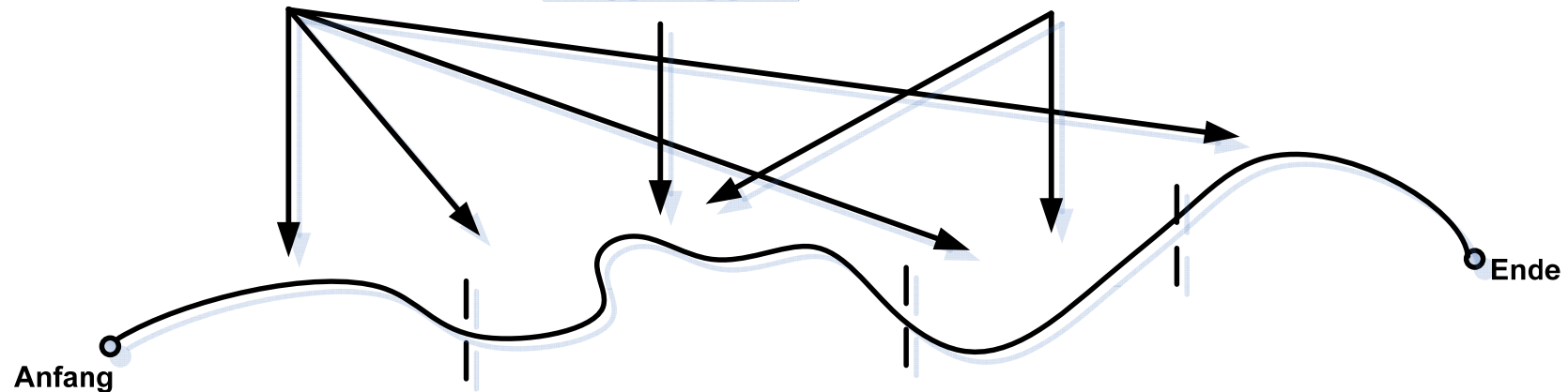
SPNV:

- 60 Fahrzeuge
- Umrüstung: 30 Fzge. pa
- Nur nationale Zugbeeinflussung



HGV:

- 60 Fahrzeuge
- Umrüstung: 20 Fzge. pa
- Nur nationale Zugbeeinflussung



Abschnitt 0

- Land: NL
- Länge: 50km
- Umrüstkap.: 50km p.a.

Abschnitt 1

- Land: D
- Länge: 33km
- Umrüstkap.: 33km p.a.

Abschnitt 2

- Land: D
- Länge: 52km
- Umrüstkap.: 52km p.a.

Abschnitt 3

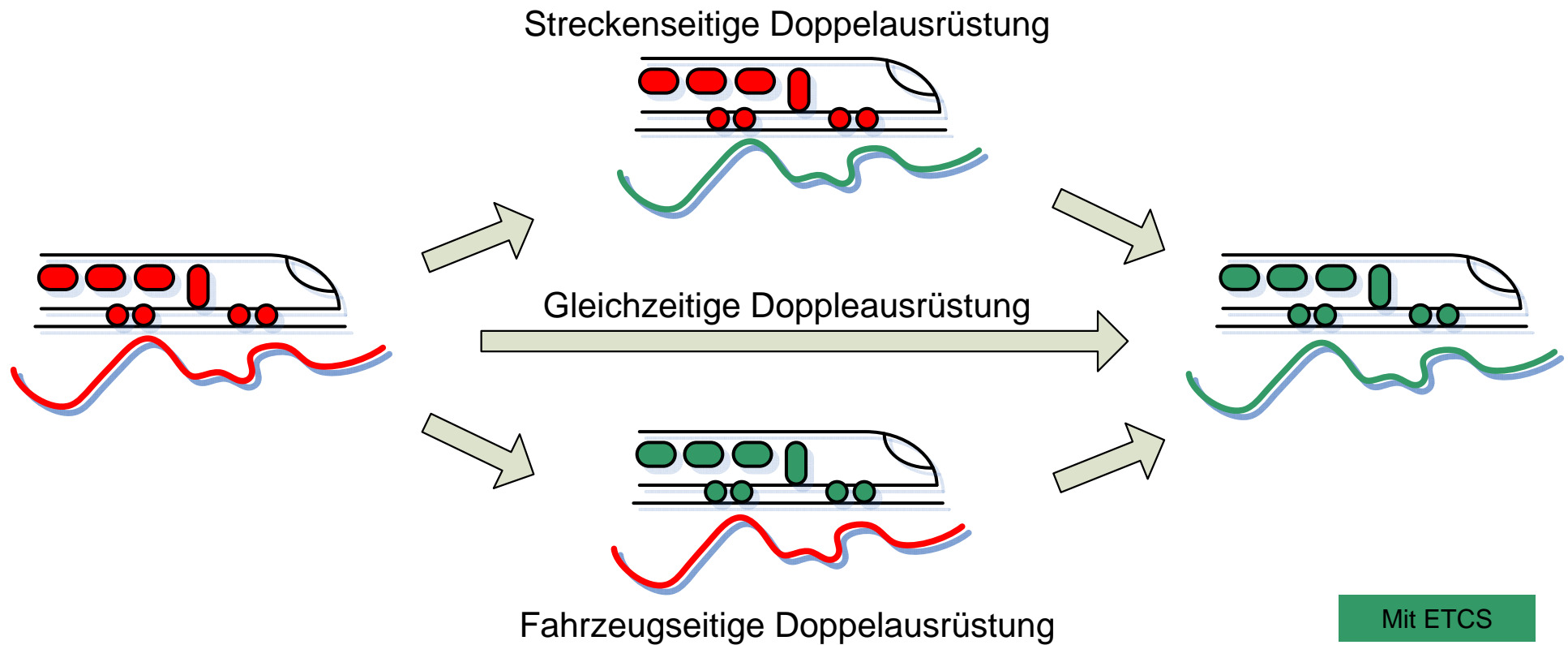
- Land: CH
- Länge: 50km
- Umrüstkap.: 50km p.a.





Modellierung von Korridoren

Integrierte Betrachtung von Fahrzeugen und Strecke



Mit ETCS

Ohne ETCS

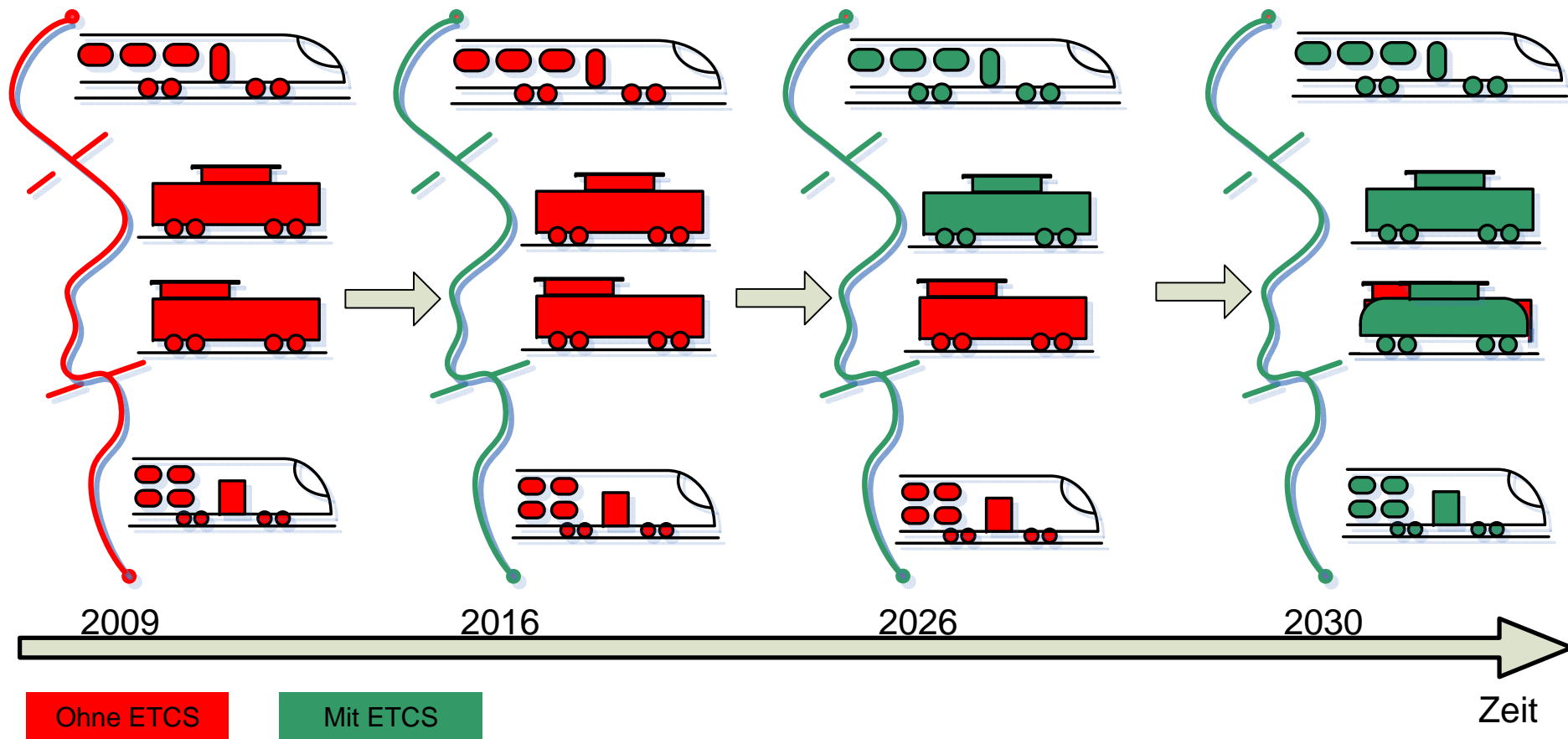


Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Modellierung von Korridoren

Generierung von Migrationsstrategien



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Modellierung von Korridoren

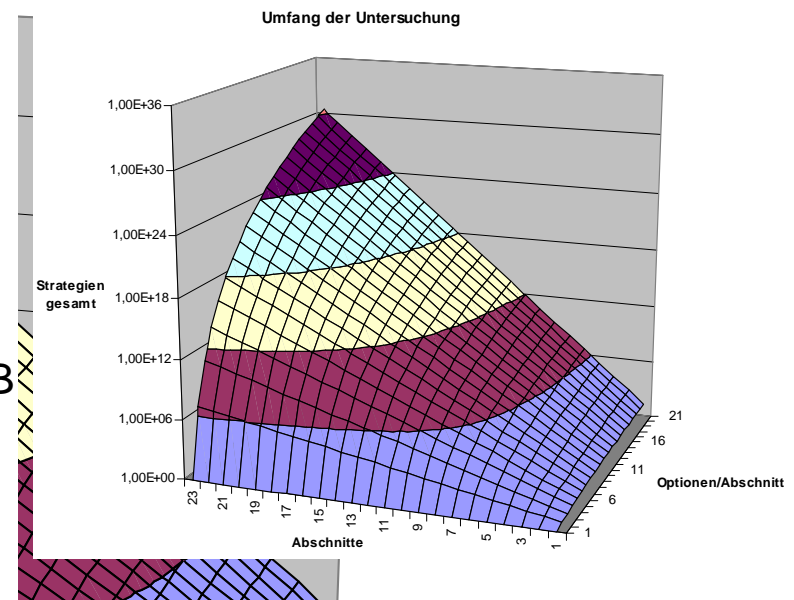
Umfang von Migrationsstrategien

Umfang der Untersuchung

Für jeden Abschnitt stellt sich die Frage

- nach dem Migrationspfad
 - streckenseitige,
 - fahrzeugseitigen oder
 - gleichzeitigen Doppelausrüstung
- nach dem Migrationsziel, bspw.
 - Level 1 Limited Supervision / PZB
 - Level 1 Full Supervision / PZB
 - Level 2 / PZB
 - Level 2

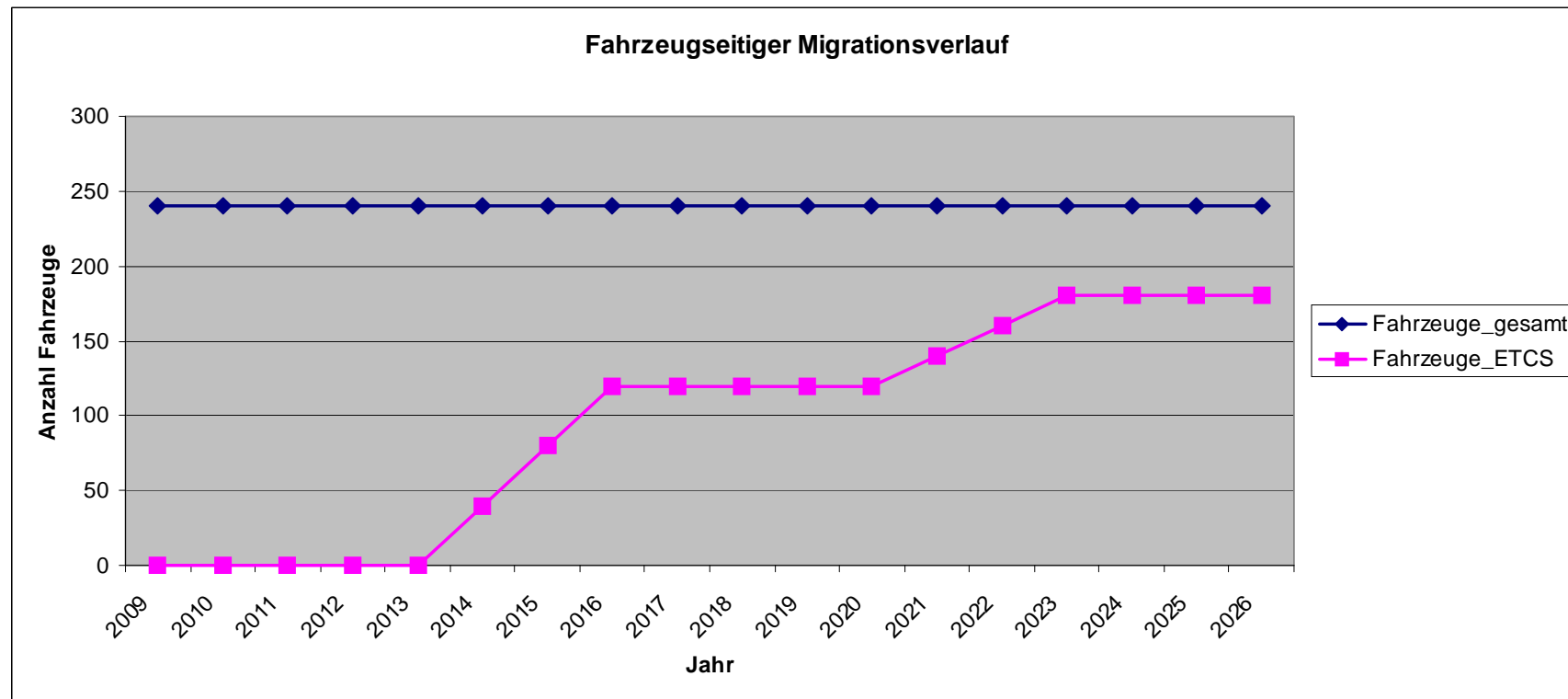
- Die sich ergebende Zahl an möglichen Strategien explodiert
- Reduktion des Umfangs durch Randbedingungen, bspw.
 - Geschwindigkeit > 160 km/h fordert Level 2
 - Elektrische Sicht bei Güterverkehr fordert Level 2





Bewertung der Migrationsstrategien

Bestandsänderungen

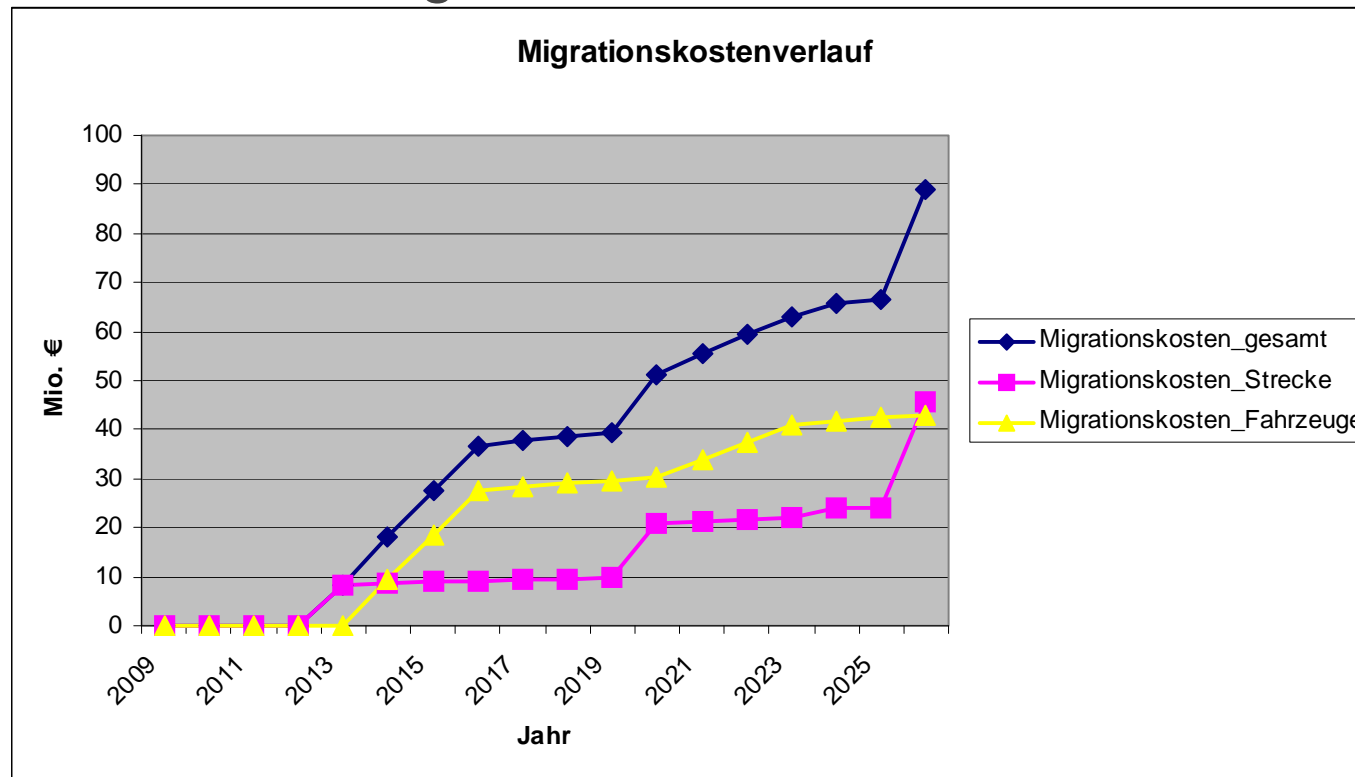


- Darstellung des Gesamtverlaufs
- Detaillierte Aufschlüsselung
 - Umrüstzeitpunkte für jeden Abschnitt und Verkehr



Bewertung der Migrationsstrategien

Kostendarstellung



- Ausgabe von Investitionsverlaug, Migrationskosten und Lebenszykluskosten
- Detaillierte Aufschlüsselung, bspw. nach SGV, HGV und SPNV



Zwischenfazit

Nutzen des Migrationsplanungstools

- Abstimmungsgrundlage für EVUs und EIUs
 - Koordination der fahrzeug- und streckenseitigen Migration
 - Nachvollziehbare, reproduzierbare Kostenabschätzungen verschiedener Szenarien
 - Optimierung von Migrationszeitpunkten und -maßnahmen
 - Plausibilitätsprüfung vorhandener Migrationspläne sowie Vergleich mit alternativen Szenarien
 - Auswirkungen von Planänderungen sichtbar
 - Migrationsreihenfolge und –zeitpunkte
 - Kostenseitige Auswirkungen
 - Betrachtung von ganzen Streckennetzen, Korridoren und einzelnen Streckenabschnitten möglich
- Migrationsplanungstool bereits erfolgreich validiert!



... alles wunderbar?

Interoperabilität bei aktuellen Projekten

- Erfahrungen der SBB bei den Projekten Mattstetten-Rothrist und Lötschbergbasislinie:

„Aufgrund der Spezifikationen (UNISIG SRS 2.2.2 einschließlich Subset 108) kann bei deren momentanem Reifegrad zwar ein interoperables System gebaut werden, aber die Interoperabilität des Systems erfolgt nicht zwingend aus der alleinigen Erfüllung der Spezifikationen.“ [Bolli; Rothbauer, Signal + Draht (101) 3/2009]

- Interoperabilität ist abhängig von
 - verwendeten Systemkomponenten und deren Kombinationen
 - betrieblichen Szenarien auf der jeweiligen Strecke
- Noch kein impliziter Interoperabilitätsnachweis möglich
 - In der jetzigen Phase wichtiger Einfluss auf Zulassungsaufwand

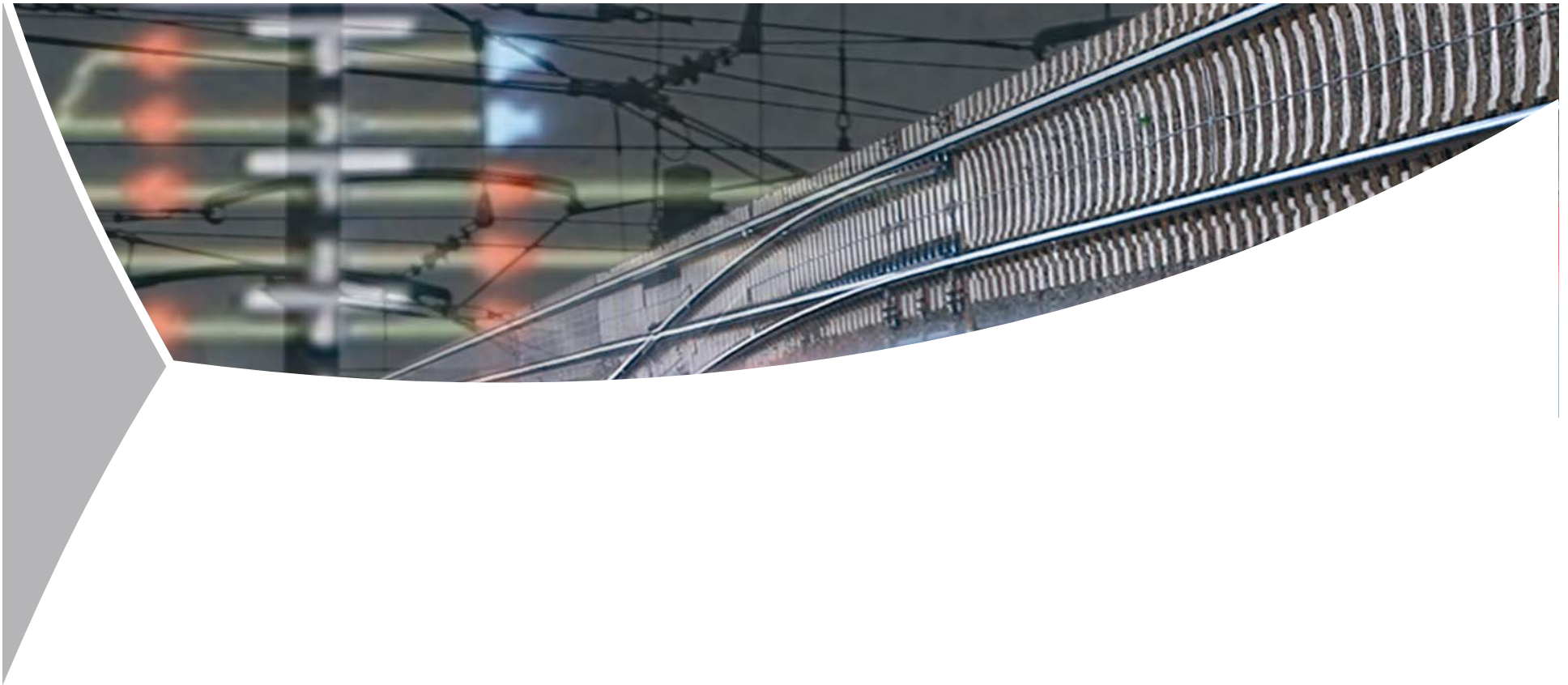
→ Was tun?





Gliederung

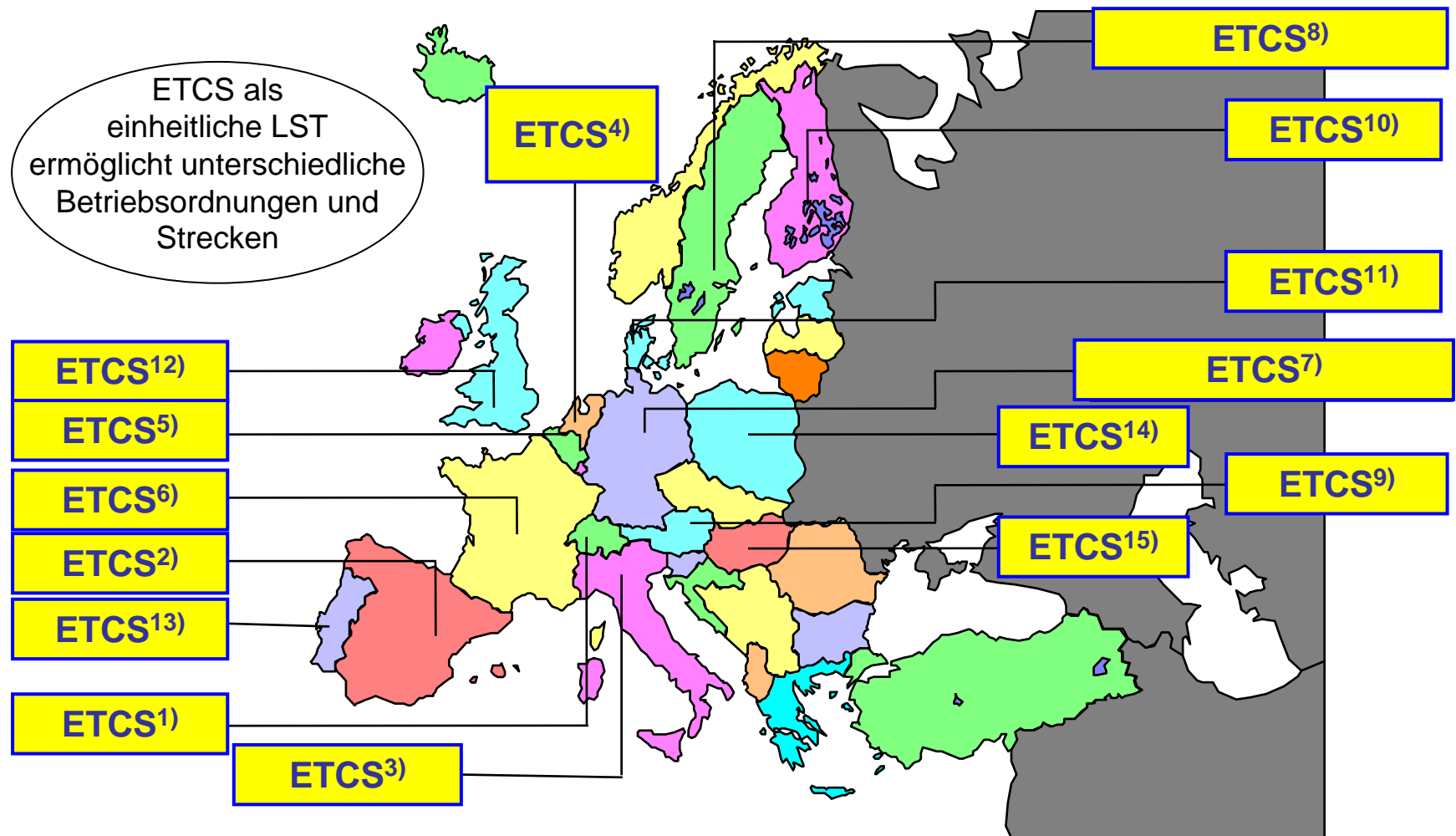
1. Grundlagen
2. Migration
- 3. Sicherung der Interoperabilität**

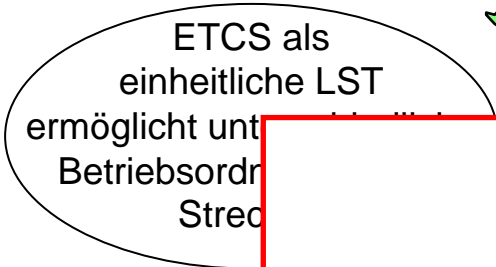


Sicherung der Interoperabilität von ETCS

Lars Ebrecht

Gefährdung der Einheitlichkeit und Interoperabilität von ETCS







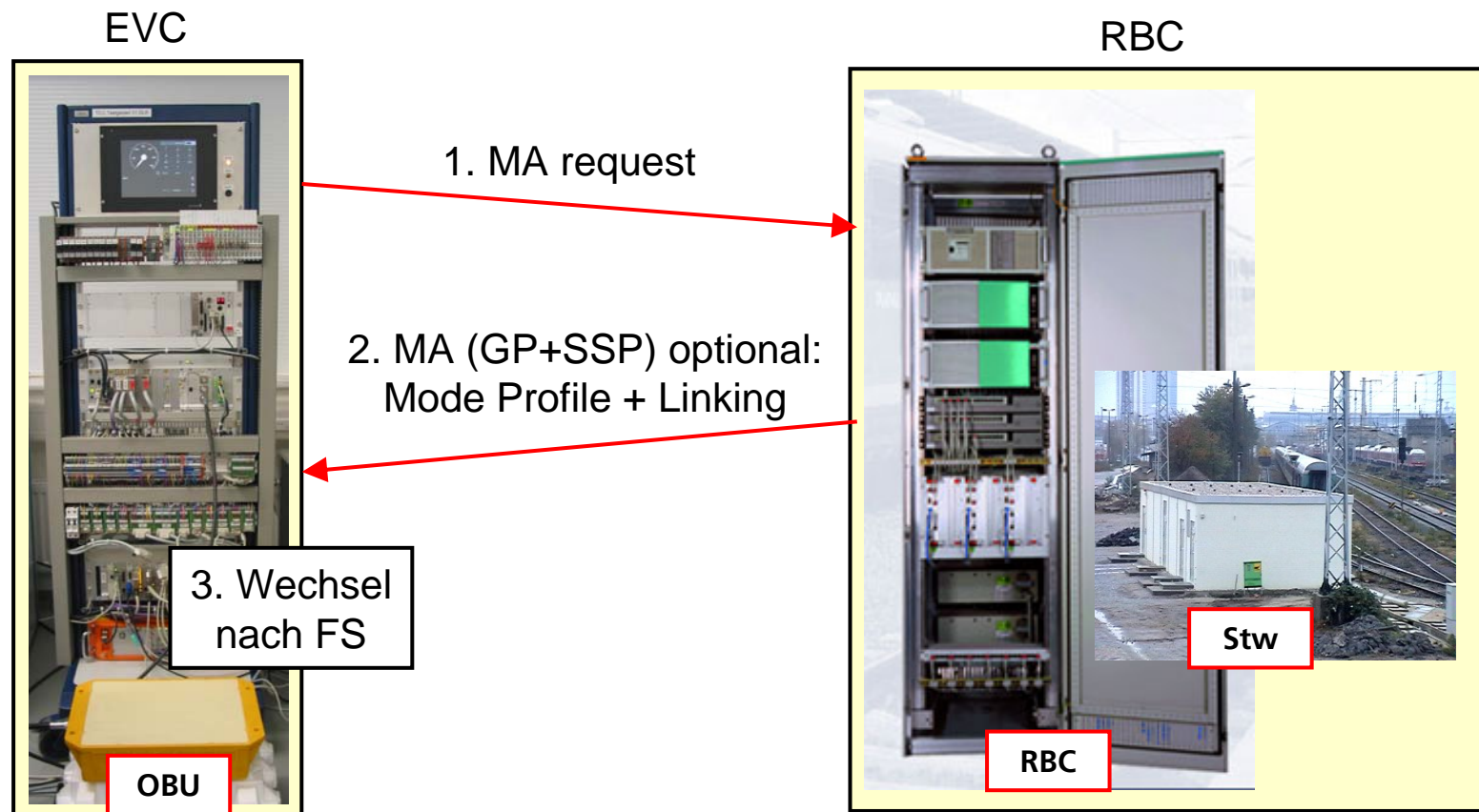
Interoperabilität

Was heißt das?

- Technische Interoperabilität = Einheitliche Umsetzung der
 - Betriebsarten (SB, SR, FS, OS, SH, TR, PT,...) und
 - Betriebsstufen (L1, L2, L3) aus funktionaler Sicht
 - Für reibungsloses Zusammenspiel zwischen streckenseitiger und fahrzeugseitiger LST, unabhängig vom Betriebsverfahren und der Betriebsordnung
- Betriebliche Interoperabilität
 - Reibungsloser Übergang zwischen Betriebsgrenzen mit unterschiedlichen Betriebsordnungen
 - Z.B. MA mit D-Weg oder ohne

Technische Interoperabilität

Herstellerunabhängige Interaktion zwischen strecken- und fahrzeugseitiger LST



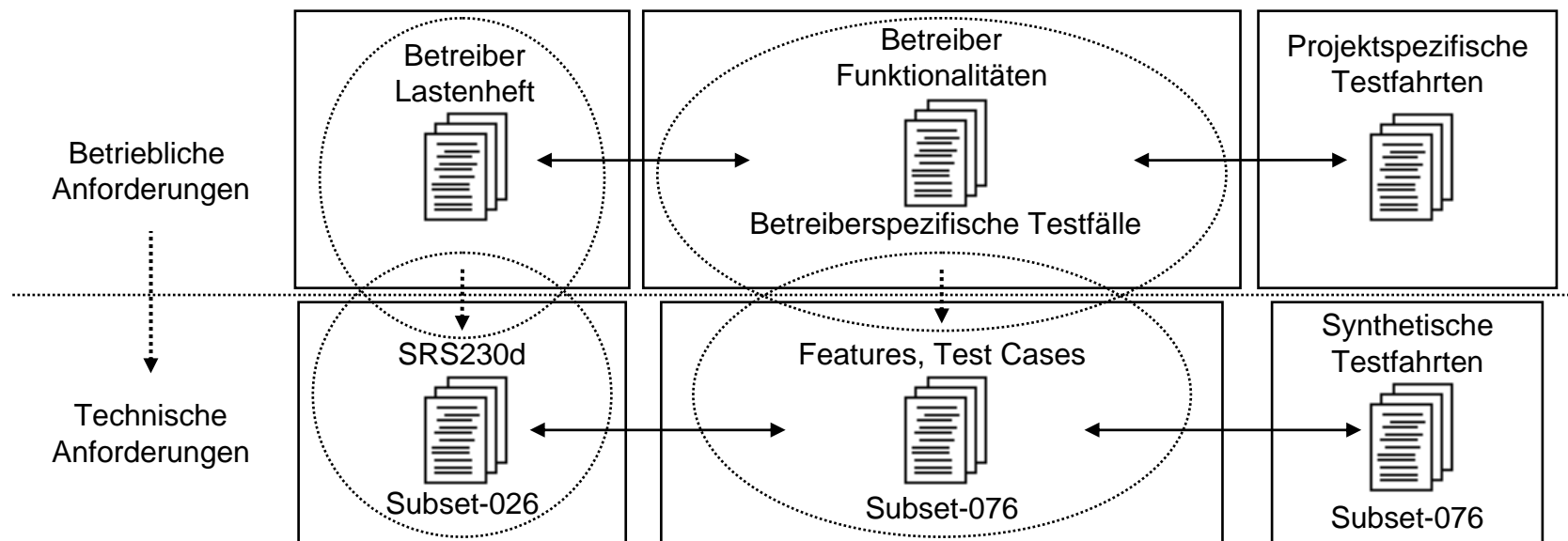


Gefährdung der Einheitlichkeit und Interoperabilität von ETCS

- Durch betriebliche und projektspezifische zu ETCS inkonsistente Anforderungen
- Streckenabnahme und Betriebstauglichkeit stehen häufig im Vordergrund, d.h. mit betrieblichen Tests werden vorwiegend betriebliche Anforderungen nachgewiesen
- Konformität der fahrzeug- und streckenseitigen LST zur S.R.S. muss explizit überprüft werden
- Sicherung der Konformität und Interoperabilität durch
 - Expliziten Nachweis der Konformität vor allem der Fahrzeugseitigen ETCS-Einheit
 - Einbeziehung der technischen Anforderungen und Tests in betriebliche Anforderungen und Test

Zusammenhang zwischen betrieblichen und technischen Testfällen

- Betriebliche Anforderungen müssen technische Anforderungen und Funktionen ein beziehen.





Technische vs. betriebliche Funktionen

➤ Technische Funktionen (Subset-026 u. Subset-076):

- Start / End of Mission
- Level- u. Mode-Transitions
- Check linking, Balise Group, Radio Message,.. consistency
- Determine train speed and location
- Management of MAs
- Supervise Train Movements
- Management of Communication Session
- Override, On-Sight, Shunting, Reversing, ..

➤ Betriebliche Funktionen (Betrieberlastenheft):

- Aufrüsten, Abstellen
- Einfahrt in den ETCS-Bereich
- Ausfahrt aus dem ETCS-Bereich
- Verlängerung einer Fahrterlaubnis
- Übergabe zwischen ETCS Funkblockzentralen
- Langsamfahrstellen und Fahren auf Sicht
- Rangierfahrten
- Zwangsbremssungen
- ..



Betriebliche Testfälle erweitern technische Testfälle

SEQUENCE OF TEST										
Step	Previous		Actor	Description of Events	I/O	Interface	Comments	Next		Test Result
	Levels	Modes						Levels	Modes	
1.	L1/L2/ L3	FS / OS / SB / PT	Tf	The driver selects "override request"	I	DMI		L1/L2/ L3	FS / OS / SB / PT	
2.	L1/L2/ L3	FS / OS / SB / PT	Fzg	Selection of override is RECORDED	O	JRU		L1/L2/ L3	FS / OS / SB / PT	
3.	L1/L2/ L3	FS / OS / SB / PT	Fzg	The system switches to SR mode	-	-		L1/L2/ L3	SR	
4.	L1/L2/ L3	SR	Fzg	Indication of mode SR is DISPLAYED	O	DMI		L1/L2/ L3	SR	
5.	L1/L2/ L3	SR	Fzg	Transition to SR mode is RECORDED	O	JRU		L1/L2/ L3	SR	
6.	L1/L2/ L3	SR	Fzg	The "override status" is DISPLAYED	O	DMI		L1/L2/ L3	SR	
7.	L1/L2/ L3	SR	Fzg	SR distance (speed) is updated	O	DMI	The corresponding National/Default value shall enter in force. Values given by driver or rbc are deleted, if any.	L1/L2/ L3	SR	



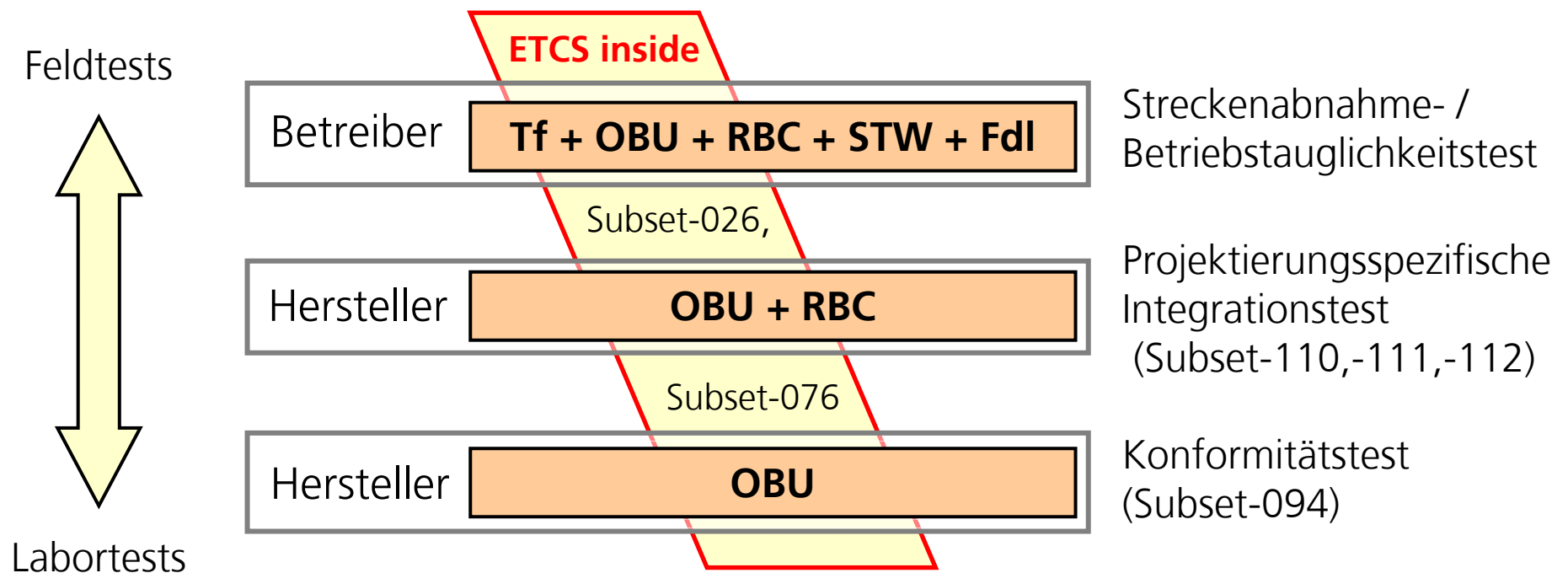
Betriebliche Testfälle erweitern technische Testfälle

SEQUENCE OF TEST										
Step	Previous		Actor	Description of Events	I/O	Interface	Comments	Next		Test Result
	Levels	Modes						Levels	Modes	
B1			Fdl	erstellt Befehl zur Weiterfahrt	-	-	Befehl enthält alle Beschränkungen für den Blockabschnitt, in dem sich das Fzg befindet.			
B2			Tf	erhält Befehl zur Weiterfahrt und bestätigt Befehls-taste und wechselt in SR	-	-	Einschränkungen durch Fdl im Befehl angegeben			
1.	L2	PT	Tf	The driver selects "override request"	I	DMI		L2	PT	
2.	L2	PT	Fzg	Selection of override is RECORDED	O	JRU		L2	PT	
3.	L2	PT	Fzg	The system switches to SR mode	-	-		L2	SR	
B3			Fzg	Fahrt auf Befehl	-	-				
4.	L2	SR	Fzg	Indication of mode SR is DISPLAYED	O	DMI		L2	SR	
5.	L2	SR	Fzg	Transition to SR mode is RECORDED	O	JRU		L2	SR	
6.	L2	SR	Fzg	The "override status" is DISPLAYED	O	DMI		L2	SR	
7.	L2	SR	Fzg	SR distance (speed) is updated	O	DMI	The corresponding National/Default value shall enter in force. Values given by driver or rbc are deleted, if any.	L2	SR	



Konformitäts- und Interoperabilitätstests vs. Streckenabnahme und Betriebstauglichkeit

- Durchgängige Einbeziehung der technischen Anforderungen und Tests zur nachhaltigen Sicherung der Einheitlichkeit und Interoperabilität von ETCS





Sicherung der Interoperabilität bei Streckenabnahme- und Betriebstauglichkeitstests von Beginn an

- 1. Phase - keine reale Streckekomponente und keine reale Zugkomponente:



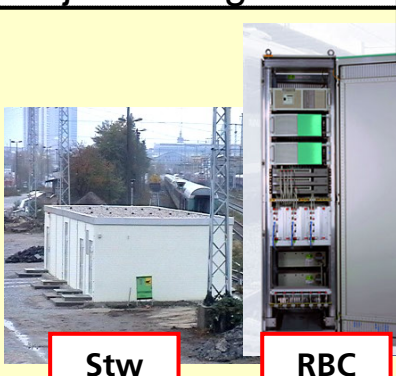
Streckenvisualisierung
+ Führerstand

RailSiTe + simuliertes EVC („EVC-Test zur Überprüfung der technischen Spezifikationen“)



RailSiTe + Visualisierung der Streckenkomponenten

- 2. Phase - Projektierung im RailSiTe



Stw

RBC

Projektierung im RailSiTe



Streckenprojektierung
im RailSiTe

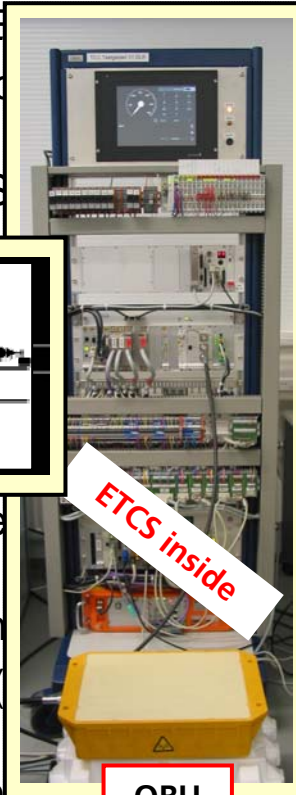
PT2

- 3. Phase - Streckenabnahme im Labor



komponente und reale Zugkomponente

RailSiTe + reales RBC + reale OBU (Realisierung der Streckenabnahme im Labor)



OBU

ETCS inside





Sicherung der Interoperabilität bei Streckenabnahme- und Betriebstauglichkeitstests von Beginn an

- 1. Phase - keine reale Streckekomponente und keine reale Zugkomponente:
 - Projektierung (PT2) im RailSiTe + simuliertes EVC („ETCS inside“¹⁾)
Nutzen: erste funktionale Test zur Überprüfung der technischen Ausrüstung im Labor
 - Projektierung (PT2) im RailSiTe + Visualisierung der Strecke
Nutzen: Überprüfung der techn. Ausrüstung sowie des Streckenbildes im Labor
- 2. Phase - keine reale Streckekomponente aber reale Zugkomponente
 - Projektierung im RailSiTe + reale OBU („ETCS inside“¹⁾)
Nutzen: betriebliche Anforderungen des Betreibers und Validierung des Zusammenspiels von Hersteller Komponente und Streckenprojektierung im Labor
- 3. Phase - reale Streckekomponente und reale Zugkomponente
 - Projektierung im RailSiTe + reales RBC + reale OBU („ETCS inside“¹⁾) + sim. Stw
Nutzen: Unterstützung der Streckenabnahme im Labor



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit





Weitere Informationen erhalten Sie bei:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Verkehrssystemtechnik

Dipl.-Inform. Lars Ebrecht
E-Mail: *Lars.Ebrecht@dlr.de*

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Christoph Lackhove
E-Mail: *Christoph.Lackhove@dlr.de*